

Tecnologia de Aplicação de Herbicidas





*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1517-5111

Dezembro, 2002

Documentos 78

Tecnologia de Aplicação de Herbicidas

Luciano Shozo Shiratsuchi
José Roberto Antoniol Fontes

Planaltina, DF
2002

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza

Caixa Postal 08223

CEP 73310-970 Planaltina - DF

Fone: (61) 388-9898

Fax: (61) 388-9879

<http://www.cpac.embrapa.br>

sac@cpac.embrapa.br

Supervisão editorial: *Jaime Arbués Carneiro*

Revisão gramatical: *Jaime Arbués Carneiro*

Normalização bibliográfica: *Rosângela Lacerda de Castro*

Capa: *Jussara Flores de Oliveira*

Foto da capa: *Luciano Shozo Shiratsuchi*

Editoração eletrônica: *Jussara Flores de Oliveira*

Impressão e acabamento: *Divino Batista de Souza*

Jaime Arbués Carneiro

1ª edição

1ª impressão (2002): tiragem 100 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.

Embrapa Cerrados.

S558t Shiratsuchi, Luciano Shozo

Tecnologia de aplicação de herbicidas / Luciano Shozo

Shiratsuchi, José Roberto Antoniol Fontes. - Planaltina-DF :

Embrapa Cerrados, 2002.

30 p. (Documentos/Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111; 78).

1. Controle químico. 2. Planta daninha - controle. 3. Herbicida - aplicação. I. Fontes, José Roberto Antoniol. II. Título. III. Série.

632.954 - CDD 21

© Embrapa 2002

Autores

Luciano Shozo Shiratsuchi

Eng. Agrôn., M.Sc., Embrapa Cerrados
shozo@cpac.embrapa.br

José Roberto Antoniol Fontes

Eng. Agrôn., D.Sc., Embrapa Cerrados
roberto@cpac.embrapa.br

Apresentação

Uma das formas mais fáceis e eficientes de controlar plantas daninhas nos sistemas agrícolas é o controle químico, ou seja, a aplicação de herbicidas. Com isso, grandes quantidades de produtos herbicidas vêm sendo utilizadas para que sistemas agrícolas tenham mais produtividade no mercado globalizado.

Os herbicidas representam hoje cerca de 5% a 30% do custo total de produção das principais culturas. Existem casos de perdas de 80% a 100% de produtividade, oriunda da influência da competição entre plantas daninhas e culturas, quando não é utilizada nenhuma forma de controle. Esse fato justifica a aplicação de herbicidas nas diferentes culturas.

Porém, o que se tem observado é que esses produtos não estão sendo aplicados corretamente. Conseqüentemente, grande parte dos ingredientes ativos não atinge o alvo e, posteriormente, vão contaminar o ambiente, ocasionando perdas de lucratividade e eficiência.

Inúmeras informações sobre biologia, manejo e controle de plantas daninhas já estão disponíveis para a sociedade, porém, pouca atenção, tem sido dada na divulgação da tecnologia de aplicação de herbicidas e no monitoramento da sua aplicação. Segundo alguns pesquisadores, o maior erro ao se tentar controlar plantas daninhas não está na escolha da dose ou do produto utilizado e sim na condição de aplicação e no modo de aplicação adotado.

Esta publicação visa apresentar mais informações sobre a tecnologia de aplicação de herbicidas, buscando com isso difundir os conhecimentos entre os usuários.

Carlos Magno Campos da Rocha
Chefe-Geral da Embrapa Cerrados

Sumário

Introdução	9
Tecnologia de Aplicação	10
Definição	10
Alvo	10
Eficiência versus Eficácia	11
Fatores que influenciam a tecnologia de aplicação de herbicidas ...	12
Herbicidas	12
Características dos herbicidas	12
Formulação	13
Calda x veículo	13
Volume de aplicação	14
Cobertura	15
Aditivos	16
Condições edafoclimáticas	18
Clima	18
Pluviosidade	18
Vento	19
Solo	19
Planta daninha	20
Perdas	21

Evaporação	21
Deriva	21
Uniformidade de pulverização	21
Equipamentos de Aplicações	21
Pulverizadores	21
Bicos	23
Tipos de bicos	24
Bicos cônicos	24
Bicos Planos	25
Coeficiente de variação	27
Considerações Finais	28
Referências Bibliográficas	28
Abstract	30

Tecnologia de Aplicação de Herbicidas

Luciano Shozo Shiratsuchi

José Roberto Antoniol Fontes

Introdução

Atualmente, com maior preocupação quanto à contaminação do ambiente com herbicidas e outros defensivos, torna-se essencial a tomada de decisão embasada em recomendações técnicas seguidas do acompanhamento e monitoramento das operações de pulverização.

Sabe-se que os herbicidas têm participação considerável no montante dos defensivos agrícolas, cerca de 50,5% do valor das vendas totais e 49,6% da quantidade de produto comercial ([Tsunechiro & Ferreira, 2000](#)), representando cerca de 10% do custo total de produção do milho e 24,8% na soja como mostrado na [Figura 1](#).

Desta forma, torna-se essencial o conhecimento de como otimizar a aplicação herbicida a fim de minimizar os prejuízos e problemas decorrentes das perdas por deriva e evaporação, da velocidade de trabalho do pulverizador, do tamanho das gotas e de outros fatores; conseqüentemente, diminuindo os custos de produção e a contaminação ambiental.

Este documento tem como objetivo focar os principais tópicos relacionados à tecnologia de aplicação de herbicidas, ressaltando os problemas e as técnicas que possam minimizar os erros e as perdas aumentando a eficiência na aplicação de herbicidas.

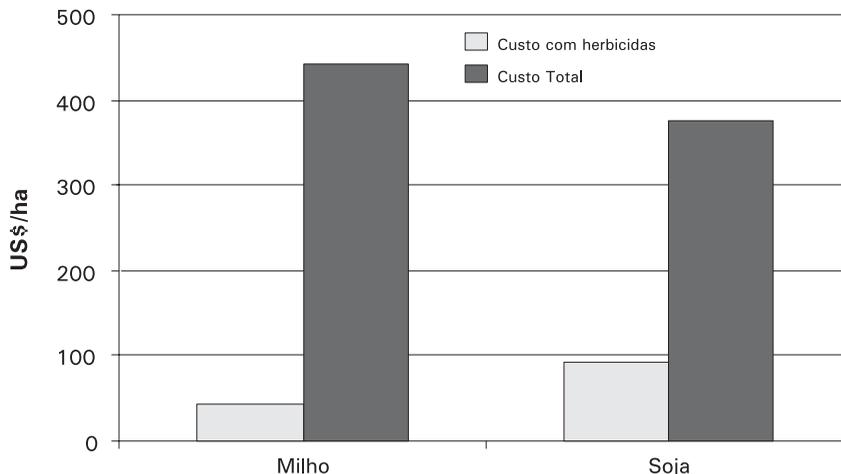


Figura 1. Proporção do custo de herbicidas em relação ao custo total de produção das culturas de milho e soja.

Fonte: Adaptado do [Agriannual \(2000\)](#).

Tecnologia de Aplicação

Definição

Tecnologia consiste na aplicação dos conhecimentos científicos a um determinado processo produtivo. Portanto, entende-se por tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas o emprego de todos os conhecimentos científicos que proporcionem a correta colocação do produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica, com o mínimo de contaminação de outras áreas ([Matuo, 1998](#)).

Segundo o manual da empresa Jacto sobre orientação de pulverização ([Jacto, 1999](#)), tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas é a colocação de um produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade adequada, de forma econômica e com riscos mínimos de contaminação ambiental.

Alvo

O alvo é aquilo que foi escolhido para ser atingido pelo processo de aplicação (planta hospedeira ou suas partes, organismo vivo, planta daninha, solo etc.). Em função do tipo de alvo (sua forma, tamanho, posição etc.), a pulverização a

ser produzida deverá ter características específicas para melhor atingi-lo (Jacto, 1999).

Segundo [Matuo \(1998\)](#), o alvo é um determinado organismo biológico que se deseja controlar com um determinado produto fitossanitário, seja ele uma planta daninha, um inseto ou uma bactéria. Qualquer quantidade de produto ou agente biológico que não atinja o alvo não terá qualquer eficácia e estará representado em forma de perda.

Eficiência versus Eficácia

Eficiência de aplicação refere-se à quantidade de material que foi retido pelo alvo em relação àquela emitida pela máquina, normalmente expressa em porcentagem ([Christofolletti, 1997](#)). Segundo [Matuo \(1998\)](#), é a relação entre a dose teoricamente requerida para o controle e a dose efetivamente empregada, geralmente expressa em porcentagem. A eficiência de um herbicida aplicado ao alvo dependerá estritamente da quantidade de produto ativo que atinge o alvo, seja ele o solo, as partes aéreas das plantas.

Quando o alvo é de tamanho grande e a coleta do produto químico é favorável, esta eficiência pode ser relativamente alta. Por exemplo, Graham & Bryce (1977) citados por [Matuo \(1998\)](#) determinaram a eficiência de 30% no controle de gramíneas com o herbicida Paraquat. Combellack (1979) citado por [Matuo \(1998\)](#) relata a eficiência de 30% no controle de plantas daninhas de folha larga com o herbicida 2,4 D, ao passo que com o mesmo herbicida a eficiência no controle de plântulas caiu para 0,5 a 2%, devido à menor deposição no alvo. Porém, o autor não citou a eficiência do controle. Segundo [Zindahl \(1999\)](#) e [Ross & Lembi \(1985\)](#), plantas menores possuem a tendência de serem mais suscetíveis a aplicações de herbicidas para o mesmo volume de calda, devido a características próprias, tais como: cutícula mais fina, epiderme menos espessa etc. Portanto, é importante a época de aplicação do herbicida tanto no espaço quanto no tempo, pois fases fenológicas da planta influenciam na eficiência do herbicida.

Muitas vezes, o local onde o herbicida é depositado não é onde o mesmo irá agir e, após a deposição do produto formulado no alvo, ele deve movimentar até o local de absorção na planta por via direta (quando herbicidas de contato atingem diretamente as folhas) ou via indireta (quando o banco de sementes atingido por herbicidas de solo carreados pela água) causando o efeito biológico sobre a

planta daninha. A relação entre o efeito biológico do produto e a quantidade do produto que atingiu o alvo é definida como eficácia de aplicação ([Christofoletti, 1997](#)).

Fatores que influenciam a tecnologia de aplicação de herbicidas

Para que se tenha uma boa aplicação herbicida é necessário que se conheça os fatores que influenciam a pulverização. [Balastreire \(1990\)](#) cita como sendo os principais fatores que influenciam a utilização de defensivos: o clima, solo, o hospedeiro, o princípio ativo, o veículo, a máquina e o operador. Porém, uma ênfase deve ser dada aos equipamentos de aplicação e como calibrá-los. [Zindahl \(1999\)](#) menciona que a calibragem dos pulverizadores é o fator mais importante e também o mais abandonado. Em pesquisa realizada nos Estados Unidos em 1980, documentada no artigo: "Chemical Application – The billion dollar blunder", Larry Reichenberger citado por [Ross & Lembi \(1985\)](#), relataram que os maiores erros de aplicação de defensivos eram atribuídos à erros na calibragem do equipamento, misturas incorretas, uso de EPIs (Equipamentos de proteção individuais), operação inadequada do equipamento e falta de leitura dos rótulos dos produtos. Foi constatada que 46% dos aplicadores cometeram erros na calibragem do equipamento, 5% em misturas de tanque e outros 12 % em ambas atividades.

[Ross & Lembi \(1985\)](#) citam que os maiores problemas em relação aos defensivos não são as características inerentes aos mesmos e sim as pessoas que os utilizam.

Herbicidas

Características dos herbicidas

A maior solubilidade em água e a menor capacidade de adsorção por colóides do solo, conferem aos herbicidas maior mobilidade

A volatilidade de um herbicida e a fotodegradação também influenciam as perdas ([Torres & Quintanilla, 1991](#)). [Foloni \(2000\)](#) cita também a biodegradação e a estabilidade química como fatores relevantes.

A formulação química do herbicida pode definir o método de aplicação e até restringir o uso de determinado herbicida. Por exemplo: o 2,4 D em sua formulação éster possui alta volatilidade, enquanto na formulação amina já não

é tão volátil, podendo ser empregado em situações onde a cultura vizinha seja sensível ao 2,4 D. É comum a ocorrência de disputas legais, devido a prejuízos ocorridos por deriva de herbicidas, que irão atingir culturas sensíveis muito longe do local de aplicação ([Balastreire, 1990](#)).

O princípio ativo, definido como o produto que irá controlar a planta daninha, pode ser um dos responsáveis também pela característica física e química do herbicida e, portanto, é essencial que se conheçam as particularidades do herbicida para a tomada de decisão da aplicação e da escolha de qual tecnologia de aplicação adotar.

Formulação

Calda x veículo

O veículo é o material inerte onde foi inserido ou formulado o princípio ativo do herbicida, já a calda consiste na mistura do herbicida (princípio ativo + veículo) com um diluente. Normalmente, os principais diluentes líquidos de herbicidas são a água, os óleos e alguns fertilizantes líquidos ([Ross & Lembi, 1985](#)).

Por exemplo: em quase todas as situações, os herbicidas foliares usados são dissolvidos em água para sua aplicação, devido ao baixo custo de aquisição da água e à facilidade de obtenção na propriedade, bem como à ampla opção de formulações compatíveis ([Matuo, 1998](#)). Porém, a água apresenta dois problemas sérios a tensão superficial que pode ser amenizada com o uso de aditivos (discutidos mais a frente) e a facilidade de evaporação (Figura 2). As folhas em geral são hidrófobas (por possuírem pêlos, cerosidade, cutículas espessas).

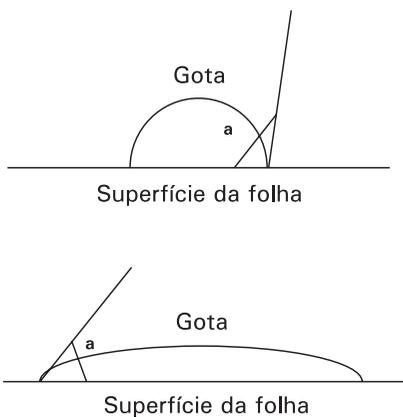


Figura 2. Alta tensão superficial acima e baixa tensão abaixo.

Fonte: Matthews (1992).

Segundo [Matthews \(1992\)](#), os ângulos variam dependendo da espécie vegetal e da superfície de contato (inferior ou superior) com a folha. Por exemplo: o ângulo de contato da espécie *Plantago lanceolata* é de 74° 23' na face superior e 39°32' na inferior.

Outro problema inerente à água é a evaporação. A superfície do líquido é aumentada quando fragmentada em pequenas gotas, perdendo a porção volátil por essa superfície durante a trajetória. Segundo Amsden (1964) citado por [Matuo \(1998\)](#), o tempo de vida da gota de água pode ser calculado pela fórmula:

$$T = d^2/80.\Delta T$$

Onde: T = tempo de vida da gota (segundos)

d = diâmetro da gota (mm)

ΔT = diferença de temperatura (°C) entre termômetros de bulbo seco e bulbo úmido de psicrômetro.

Este tempo de vida útil da gota também depende da distância de queda. Conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Tempo de vida útil da gota em função das variáveis: temperatura, umidade relativa do ar, diâmetro das gotas e distância de queda.

Vida útil da gota	Condição 01		Condição 02	
	T = 20 °C, UR% = 80, $\Delta T = 2,2^\circ\text{C}$		T = 30°C, UR = 50%, $\Delta T = 7,7^\circ\text{C}$	
Diâmetro inicial (mm)	Tempo até extinção (s)	Distância de queda	Tempo até extinção (s)	Distância de queda
50	14	12,7 cm	4	3,2 cm
100	57	6,7 m	16	1,8 m
200	227	81,7 m	65	21 m

Fonte: Adaptado de [Matuo, 1998](#).

Volume de aplicação

Volume de aplicação consiste no volume de calda pulverizada (isto é, que sai do equipamento de aplicação), por área ou por planta, dependendo do tipo de trabalho executado. Este volume está relacionado com o uso adequado do equipamento para se conseguir a cobertura mínima no controle da planta ([Christofolletti, 1997](#)).

Na Tabela 2 estão representadas as classes de aplicação via líquida.

Tabela 2. Classes de volume de aplicação via líquida.

Designação do volume	Volume (L/ha)	
	Culturas de campo	Culturas arbóreas
Alto	> 600	> 1000
Médio	200-600	500-1000
Baixo	50-200	200-500
Muito baixo	5-50	50-200
Ultrabaixo	< 5	> 50

Como a eficiência de aplicação depende da quantidade de herbicida que atinge o alvo, quanto maior o volume de calda que tiver o herbicida, menor a chance do princípio ativo de atingir o alvo e maior o custo de transporte do princípio ativo. Portanto, deve-se racionalizar utilizando produtos de aplicação a baixo volume sempre que possível. Por exemplo: herbicidas sistêmicos não necessitam de cobertura total das folhas, devido à sua alta translocação, podendo ter gotas maiores que evitem a deriva e outras perdas.

Não se pode esquecer da época de aplicação para se estimar o volume de aplicação, pois as fases fenológicas diferentes da planta daninha e da cultura, exigirão diferentes volumes de aplicação e diferentes tipos de equipamentos e modo de aplicação.

Cobertura

Segundo Courshee (1967) citado por [Matuo \(1998\)](#) a cobertura é dada pela fórmula:

$$C = 15.V.R.K^2/A.D$$

Onde: C = Cobertura (%) da área

V = Volume de aplicação (L/ha)

R = taxa de recuperação (Eficiência %)

K = fator de espalhamento de gotas

A = superfície vegetal existente no hectare

D = diâmetro de gotas

Para herbicidas de contato, a cobertura do alvo tem de ser maior, pois possíveis áreas não atingidas podem propiciar falhas no controle. Já os herbicidas sistêmicos podem ser aplicados com uma cobertura menor, porém o suficiente para propiciar a transferência do ingrediente ativo para o alvo. Assim sendo os herbicidas de contato podem ser pulverizados com gotas mais finas, aumentando a cobertura do alvo e sistêmicos podem ser pulverizados com gotas maiores, apresentando menor risco de deriva ([Christofoletti, 1997](#)).

Outra forma de representar a cobertura do alvo é em gotas por unidade de área. Boa parte das recomendações técnicas de aplicação está baseada neste critério, informando a faixa ou o número mínimo de gotas necessárias para o bom controle (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3. Densidade mínima de gotas de deposição recomendada no alvo para soluções aquosas (Christofoletti, 1997).

Tipo de herbicida	Gotas / cm ²
Herbicida de contato (POS)	30-40
Herbicida (PRE)	20-30

PRE = pré-emergência, POS = pós-emergência.

Tabela 4. Densidade de gotas teóricas na aplicação de um litro por hectare (Matuo, 1998).

Diâmetro de gotas (m)	Gotas/cm ²
10	19.099
20	2.387
50	153
100	19
200	2,4
400	0,3
1000	0,02

Aditivos

No intuito de se minimizar as perdas ocasionadas por características intrínsecas dos herbicidas e suas respectivas caldas, tais como: tensão superficial, viscosidade e coesão, vários aditivos podem ser utilizados:

- ⇒ **Adjuvantes:** São produtos que adicionados a uma formulação de defensivo agrícola modificam as suas características físicas facilitando a sua aplicação e intensificando a atividade do seu ingrediente ativo.
- ⇒ **Surfactantes:** São adjuvantes ativadores de superfície que por sua ação interfacial promovem o espalhamento da formulação pulverizada na superfície foliar e o equilíbrio estável entre as fases físicas dos sistemas de dispersão.
- ⇒ **Espalhantes:** São substâncias que diminuem a tensão superficial dos líquidos, aumentando a área que um dado volume de líquido cobre a superfície de um sólido ou outro líquido.
- ⇒ **Adesivantes:** São substâncias que aumentam a retenção dos líquidos ou sólidos sobre as plantas Ex: óleos vegetais e minerais, géis vegetais, polímeros sintéticos hidrossolúveis.
- ⇒ **Umectantes:** São substâncias que diminuem a evaporação da água em superfícies foliares em condições de alta temperatura e baixa umidade relativa do ar.
- ⇒ **Emulsificantes:** São substâncias adicionadas à formulação dos defensivos para permitir a estabilidade das emulsões.
- ⇒ **Dispersantes ou suspensores:** São substâncias adicionadas às formulações dos defensivos para permitir a estabilidade das suspensões.

A ação dos aditivos se resume em proporcionar uma melhor atuação dos diversos tipos de defensivos no alvo (Figura 3).

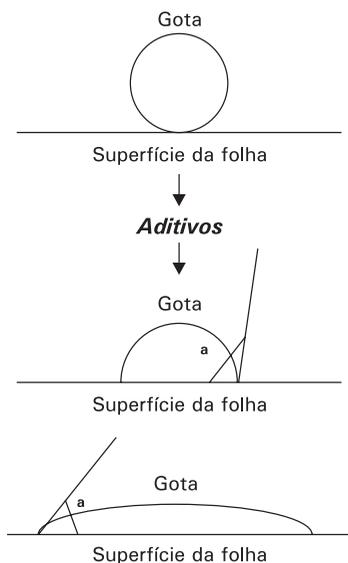


Figura 3. Ação de aditivo em herbicidas foliares.

Condições edafoclimáticas

Clima

O clima influencia e em condições específicas inviabiliza a realização de qualquer aplicação de herbicida, tais como temperaturas maiores que 30 °C, ventos superiores a 10 Km/h e umidade relativa do ar inferior a 50% ([Jacto, 1999](#)). [Balastreire \(1990\)](#) recomenda a aplicação de defensivos nas horas de maior calma ambiental, em que tenham temperaturas amenas e velocidades do vento inferiores a 3 Km/h. Porém, a interação dos fatores climáticos é mais importante do que cada fator isolado.

Pluviosidade

A pluviosidade também é um fator importante na aplicação de herbicida, pois pode lixiviar o herbicida aplicado nas folhas ou no solo. Na Tabela 5 são citados alguns herbicidas e o tempo requerido sem chuvas após a sua aplicação:

Tabela 5. Tempo requerido sem chuvas depois da aplicação do herbicida.

Tempo mínimo requerido	Produto Comercial
15 minutos	Carbyne 2 EC
1 hora	Poast Pardner TCA
2 horas	Bladex Fusilade 2,4 D éster
4 horas	2,4 D amina
6 horas	Round up Sencor Tordon
8 horas	Garlon

Fonte: Matthews & Hislop, 1993.

Matthews (1992) também cita a importância de se levar em consideração o estresse hídrico que também influencia o crescimento da planta, sendo a translocação favorecida quando as plantas estão em pleno desenvolvimento.

Vento

Por muito tempo vem se recomendando a aplicação de produtos fitossanitários na ausência de vento. A ausência de vento não é recomendada para pulverização porque as gotas pequenas não têm energia suficiente para provocar o impacto no alvo e ficam flutuantes e se movem muito lentamente, dispersando-se no ambiente ao redor. É considerada ideal a presença de uma brisa leve que, além de fornecer uma energia necessária para a coleta das gotas pelo alvo, varre as pequenas gotas, eventualmente não coletadas, para longe da área onde se processará a próxima passada adjacente da máquina aplicadora.

Atualmente a recomendação de aplicação de acordo com as condições do vento adotada pela FAO é citada por [Matuo \(1998\)](#) na Tabela 6.

Tabela 6. Condições de vento e recomendações para pulverização.

Velocidade do ar na altura da barra	Escala de Beaufort a 10 m	Designação	Sinais visíveis	Pulverização
< 2 km/h	Força 0	Calmo	A fumaça sobe verticalmente.	Não recomendável
2-3,2 km/h	Força 1	Quase calmo	A fumaça é levemente inclinada.	Não recomendável
3,2-6,5 km/h	Força 2	Brisa leve	As folhas oscilam. Sente-se o vento na face.	Ideal
6,5-9,5 km/h	Força 3	Vento leve	Folhas e ramos finos em agitação constante.	Evitar pulverização herbicidas
9,6-14,5 km/h	Força 4	Vento moderado	Movem-se os galhos. Poeira e pedaços de papel são levantados.	Não recomendável

Fonte: Matuo (1998).

Solo

O solo influencia a aplicação de herbicida desde a sua topografia até suas características físicas, químicas e biológicas.

Quando se tem um relevo muito acidentado, certas aplicações tratorizadas podem se tornar inviáveis, uma vez que a estabilidade e, portanto, a segurança da aplicação, ficam comprometidas ([Balastreire, 1990](#)).

Características do solo como os teores de argila e matéria orgânica também influenciam a aplicação, pois a adsorção dos herbicidas aos colóides do solo impede sua ação nas plantas daninhas. Esta adsorção depende da carga dos colóides, por exemplo: os colóides orgânicos têm capacidade de adsorção 4 vezes superior às argilas montmorilonitas que por sua vez é 7 vezes maior que as caulinitas ([Torres & Quintanilla, 1991](#)). Segundo esses autores, esta característica intrínseca do solo também influencia a lixiviação dos herbicidas no solo. De maneira geral, solos argilosos lixiviam menos que solos arenosos, devido principalmente a características edáficas e maior capacidade de retenção de água. Essas características influenciam diretamente o volume de aplicação e o diâmetro de gotas.

Microorganismos do solo, tais como: bactérias e actinomicetos são responsáveis pela decomposição de quase a totalidade dos herbicidas no solo. Esta degradação varia quanto ao tempo de degradação e a quantidade de moléculas degradadas ([Deuber, 1992](#)).

Planta daninha

A espécie (mono ou dicotiledônea), tipo morfológico e o hábito de crescimento da planta daninha a ser tratada também constituem fatores importantes. Características como a altura diferencial da cultura pode determinar a seletividade do herbicida ([Ross & Lembi, 1985](#)). Se a planta possui morfologia favorável à deposição da calda herbicida evita perda de herbicidas foliares para o solo. Plantas perenes normalmente são pulverizadas a baixo volume devido ao uso de herbicidas sistêmicos para o controle de órgãos de propagação vegetativa. Herbicidas sistêmicos não necessitam de cobertura total da planta na pulverização, pois são altamente translocáveis via floema.

É muito importante se conhecer a variabilidade espacial das plantas daninhas e seus respectivos graus de contagiosidade que, segundo [Nordmeyer et al. \(1997\)](#), podem ser em seus extremos:

- ⇒ Alta contagiosidade – plantas agregadas ou em “reboleiras” (situação comum no meio agrícola).
- ⇒ Baixa contagiosidade – Plantas distribuídas uniformemente na área (situação hipotética, quase impossível).

Perdas

Evaporação

Como já citado anteriormente, existem grandes perdas por evaporação dependendo da condição edafoclimática e das características extrínsecas do herbicida (alta volatilidade, alta pressão de vapor) e sua calda, do equipamento utilizado e do tamanho das gotas.

Deriva

A deriva segundo [Christofolletti \(1997\)](#) é o desvio da trajetória das partículas liberadas pelo processo de aplicação e que não atingem o alvo, portanto, ocasionando também perda do produto. Essa perda dentro da cultura (material que não é coletado pelas folhas e cai no solo), pode ser considerado como endoderiva, enquanto as perdas para fora da área tratada como exoderiva. De qualquer maneira, a perda por deriva está relacionado com o tamanho da gota, da distância em que foi liberada em relação ao alvo, da velocidade de lançamento, da velocidade do vento e com a volatilidade do produto.

Uniformidade de pulverização

Ao efetuar aplicação de defensivo agrícola, a finalidade é obter uma distribuição uniforme do produto em toda a área a ser tratada. Superfícies tratadas em níveis abaixo dos mínimos exigidos causam controle deficiente, como também quantidades excessivas vão causar desperdício de produto, fitotoxicidade, encarecendo o processo de aplicação ([Christofolletti, 1997](#)).

Equipamentos de Aplicações

Pulverizadores

[Robinson \(1993\)](#) classifica os pulverizadores em três categorias: Montados, de arrasto e autopropelidos. Os montados são acoplados na barra de três pontos de um trator, possuindo capacidade de tanque máxima por volta de 1000 litros e barra de 18 metros. Os de arrasto são acoplados na barra de tração do trator, possuem maior capacidade de tanque, por volta de 4000 litros, e barras de 36 m, porém é típica a utilização de tanque de 2000 litros e barras de 12-24 m. A vantagem do de arrasto sobre o montado além da maior capacidade para a mesma potência no trator é a versatilidade no campo quanto ao acoplamento, liberando o trator para outros trabalhos. Porém, possui desvantagens relevantes como maior compactação da área, maior pisoteio das plantas e dificuldade de manobras de cabeceira. Os autopropelidos são máquinas maiores e possuem tanques de capacidades maiores que 2000 litros e barras maiores que 12 m. Como é uma máquina de maior capacidade e maior preço ele deve ser

utilizado em grandes áreas, porém, apresenta inúmeras vantagens como: alta capacidade operacional, pouca compactação do terreno, boa visibilidade, mínimo dano à cultura e boa ergonomia, gerando conforto para o operador. Eles são normalmente instalados em bicos de pressão hidráulica. [Robinson \(1993\)](#) cita também que o melhor tipo de pulverizador para uma fazenda depende: do tamanho da fazenda, do tamanho do talhão, topografia, mão-de-obra disponível e da cultura. Sartori (n.d.) complementa que o tempo disponível para as pulverizações, as condições de solo e o poder aquisitivo do agricultor são itens indispensáveis na definição do tamanho e tipo de pulverizador a ser adotado. Segundo estes autores um bom pulverizador também deve ter robustez, simplicidade de funcionamento e de manutenção, precisão e boa eficiência mesmo em condições desfavoráveis de trabalho.

[Miller \(1999\)](#) cita que a estrutura da barra do pulverizador é importante para o risco de deriva, pois a aerodinâmica que a barra tem influencia a deposição das gotas. À medida que o volume de aplicação diminui a velocidade do pulverizador aumenta tornando importante aspectos aerodinâmicos. Como atualmente são buscadas aplicações a baixo volume, é importante a estrutura da barra e outros acessórios para reduzir esta deriva. Além da estrutura da barra, o autor também cita a altura da barra em relação ao alvo.

Atualmente alguns equipamentos já podem ser encontrados no mercado brasileiro no intuito de se minimizar os riscos existentes durante a aplicação de defensivos. Como exemplos, são mostrados alguns equipamentos a seguir:



Foto: Luciano Shozo Shiratsuchi

Figura 4. Modelo de pulverizador autopropelido Uniport® Jacto.

Foto: Luciano Shozo Shiratsuchi



Figura 5. Modelo pulverizador autopropelido SPX 3185® Case.

Além de toda estrutura, forma de energia, dimensões e capacidade dos pulverizadores a parte mais importante em todo o conjunto são os bicos aplicadores, pois deles dependem a vazão e a qualidade das gotas.

Bicos

Possuem a função de criar e dispersar gotas numa certa posição e com determinada disposição, gerando um padrão de pulverização. Os bicos determinam a quantidade de produto a ser aplicado e a distribuição do herbicida no alvo [\(Ross & Lembi 1985; Radosevich, 1997\)](#), e apresenta as seguintes partes constituintes:

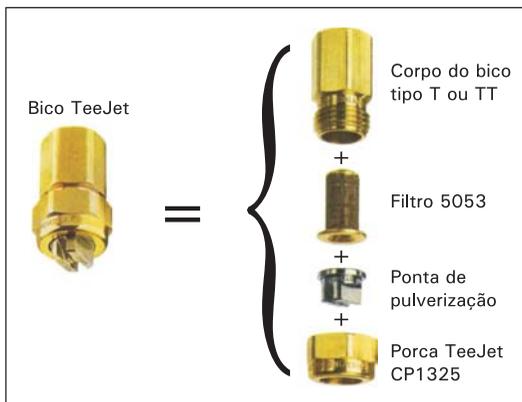


Figura 6. Partes constituintes dos bicos.

Fonte: Catálogo Spraying Systems.

Os bicos de energia hidráulica (mais comumente usados na aplicação de herbicidas, via pulverizador tratorizado ou autopropelido) podem ter seu uso definido pelo tipo [\(Tabela 7\)](#).

Tabela 7. Partes constituintes dos bicos ([Matthews, 1992](#)).

Energia	Tipo	Uso
Hidráulica	Impacto	Bico de baixas pressões e gotas grandes, para a aplicação de herbicidas.
	Leque	Para a pulverização de superfícies planas com o solo e parede.
	Cone	Para a pulverização de folhagens.

Tipos de bicos

Quanto à forma do jato os bicos hidráulicos se dividem em cônicos e planos (Figura 7 e 8).

Bicos cônicos

**Figura 7.** Tipos de bicos cônicos.

Fonte: www.spray.com

Os bicos desta categoria possuem o jato na forma de um cone, sendo que nos bicos de cone vazio a deposição das gotas se concentra somente na periferia do cone, ficando o centro do cone vazio, ou seja, quase não há gotas. Ele difere dos outros por ser formado a partir de um núcleo, difusor ou espiral que proporciona o movimento helicoidal quando o jato passa por ele. Este movimento induz a formação de um cone. Daí a habilidade deste bico em cobrir alvos tridimensionais, como é a folhagem, pois com esse movimento, as gotas podem contornar obstáculos e atingir pontos situados em planos posteriores. As gotas produzidas pelos bicos cônicos tomam várias direções, diferentes dos bicos planos ([Matthews, 1992](#)).

Bicos planos



Figura 8. Tipos de bicos planos.
Fonte: www.spray.com

Os bicos planos produzem jatos em um só plano, as gotas possuem uma força retilínea, tendendo a ter uma direção definida. Portanto, é recomendado para pulverizações de superfícies planas. A diferença dos bicos planos de leque e de impacto, é que o bico de impacto tem um orifício que deflete o jato que não passa por um orifício como o leque, possuindo maior vazão também.

Estes bicos podem apresentar uma deposição contínua ou descontínua. Na deposição contínua a distribuição do líquido na faixa de deposição é uniforme, enquanto na descontínua, a deposição é maior no centro da faixa, decrescendo simetricamente aos bordos ([Mattews, 1992](#)). O bico de deposição contínua, também chamado de bico “Even”, é indicado para aplicações em faixa, sem haver sobreposição com os vizinhos, já os de deposição descontínua são recomendados para uso em série, montado em barra, sobrepondo-se o jato com os bicos vizinhos.

Na [Figura 10](#) pode se ver a distribuição de gotas dos dois tipos de deposição dos bicos planos.

Baseado nestas características peculiares dos bicos planos descontínuos, [Balastreire \(1990\)](#) propõe uma maneira de se calcular qual o espaçamento entre bicos numa barra, a partir deste tipo de distribuição descontínua de cada bico específico obtida em laboratório. Assumindo-se que o bico trabalhe à pressão padrão de 2,8 Kgf/cm², com um ângulo de 80° ([Figura 11](#)).

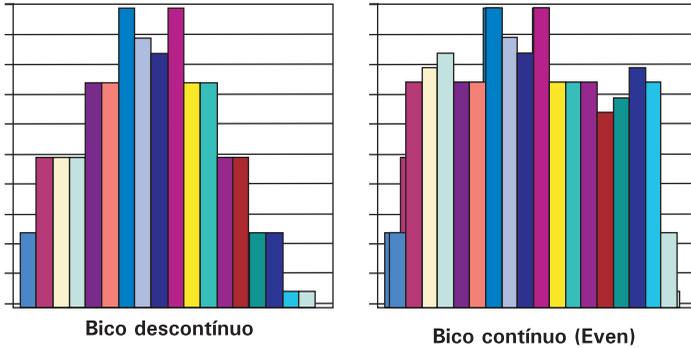


Figura 10. Distribuição do volume de aplicação em bicos contínuos e descontínuos.

Fonte: Adaptado de Matthews, 1992.

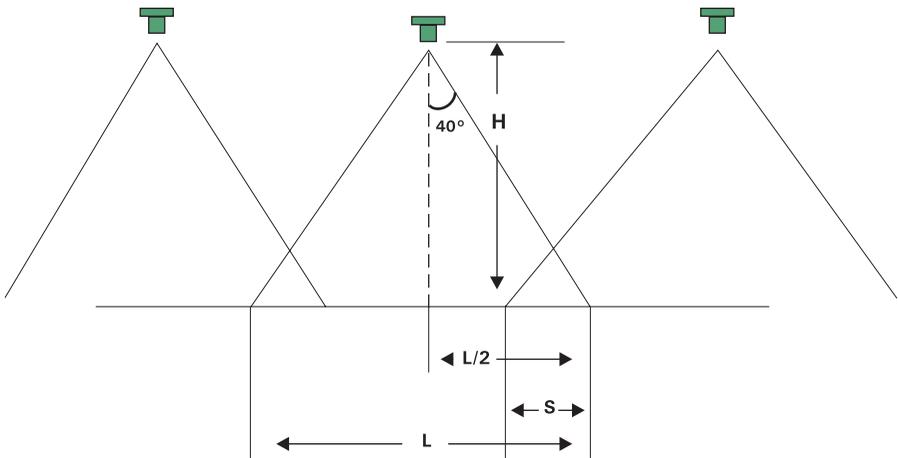


Figura 11. Esquema teórico de cálculo geométrico para determinação do espaçamento de bicos numa barra de pulverização.

Da figura tem-se:

$$L/2 = H \tan 40^\circ$$

onde: $L = 2.H.\tan 40^\circ$

Assumindo-se que a sobreposição entre faixas de bicos contíguos é 30% da faixa de cada bico, tem-se:

$$S = 0,3 (2.H.\tan 40^\circ)$$

Como a sobreposição deve ser feita em ambas as extremidades do leque tem-se que:

$$S/2 = 0,3 (2.H.\tan 40^\circ)/2$$

A distância entre os bicos na barra D é dada por:

$$D = 2. (L/2-S/2).$$

A largura da faixa coberta em cada passada da barra será dada por:

$$F = n.2. (L/2-S/2)$$

Onde n é o número de bicos na barra.

Coefficiente de variação

O critério de uniformidade normalmente utilizado para deposição de materiais é o coeficiente de variação das quantidades coletadas ao longo da faixa ([Balastreire, 1990](#)).

O coeficiente de variação (CV) reúne todos os pontos de dados de um amostrador ao longo da barra de pulverização em laboratório e resume em uma simples porcentagem que indica o grau de variação de determinada distribuição ([Spraying Systems, 1999](#)), como pode ser exemplificado no esquema a seguir:

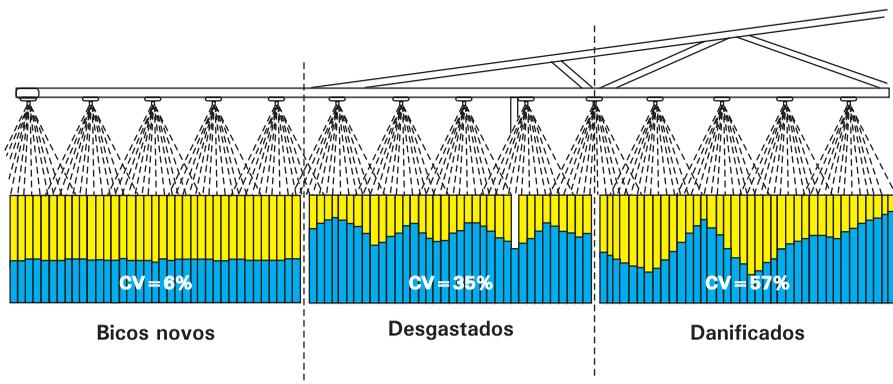


Figura 12. Exemplo de distribuição da calda em bicos.

Fonte: (www.teejet.com)

Segundo [Spraying Systems \(1999\)](#) pode se ter um CV muito baixo por volta de 7%, Monteiro et al. (1964) citados por Balastreire (1990), consideram a pulverização uniforme quando se tem um CV < 11%.

Catálogos de fabricantes de bicos fornecem o ângulo dos bicos, a pressão e velocidade ideais de trabalho e demais parâmetros que ajudam na tomada de decisão de qual bico usar, que faixa de trabalho será a ideal, qual a vazão do conjunto etc.

Considerações Finais

Foi possível neste documento abordar as principais preocupações sobre a tecnologia de aplicação de herbicidas presentes no dia a dia na propriedade agrícola, possibilitando a reunião de vários tópicos em um único documento.

Diversos aspectos sobre a tecnologia de aplicação, tais como, pH da calda dos defensivos, diâmetro de gotas, pulverização aérea etc. deveriam ser abordados com um maior nível de detalhe, porém isso resultaria numa extensão demasiada do documento que não era a intenção dos autores na concepção do documento.

Referências Bibliográficas

- AGRIANUAL 2000: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 1999. 546 p.
- BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 307 p.
- CHRISTOFOLETTI, J. C. **Considerações sobre tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. Diadema: Spray Systems do Brasil, 1997. 14 p.
- DEUBER, R. **O controle das plantas daninhas e o ambiente**. In: DEUBER, R. *Ciência das plantas daninhas*. Jaboticabal: UNESP: FUNEP, 1992. p. 291-330.
- FOLONI, L. L. **Impacto ambiental do uso de herbicidas** In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do guaçu. **Anais...** Londrina: SBCPD, 2000. p. 62-115.
- JACTO S. A. **Manual técnico sobre orientação de pulverização**. Pompéia, 1999. 23 p. Edição 10/99. Código – 957928.
- MATTHEWS, G. A.; HISLOP, E. C. (Ed.). **Application technology for crop**

Protection. Wallingford: CAB International, 1993. 359 p.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods.** 2th ed. New York: Longman, 1992. 405 p.

MATUO, T. Fundamentos da tecnologia de aplicação de agrotóxicos. In: GUEDES, J. V. C.; DORNELES, S. H. B. (Org.) **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos: novas tecnologias.** Santa Maria: Departamento de Defesa Sanitária: Sociedade de Agronomia de Santa Maria, 1998.

MILLER, P. C. H. **Factors influencing the risk of drift into field boundaries.** In: THE BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE, 1999, Brighton. **Weeds:** anais, Brighton: [s.n.], 1999. p. 439-446.

NORDMEYER, H.; HAUSTLER, A.; NIEMANN, P. Patchy weed control as an approach in precision farming. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 1., Warwick, 1997. **Proceedings.** Oxford: BIOS Scientific, 1997. p. 307-315.

RADOSEVICH, S.; HOLT, J.; GHERSA, C. **Weed ecology:** implications for management. 2th ed. New york: John Wiley & Sons, 1997. 589 p.

ROBINSON, T. H. Large - scale ground – based: application techniques. In: MATTHEWS, G. A.; HISLOP, E. C **Application technology for crop protection.** Wallingford: CAB International, 1993. 359 p.

ROSS, A. M.; LEMBI, C. A. **Applied weed science.** Minneapolis: Burgess, 1985. 340 p.

SPRAYING SYSTEMS Co. **Teejet:** produtos de pulverização para agricultura, 46M-BR/P. Wheaton, Illinois, 1999. 104 p.

TORRES, L. G.; FERNANDEZ-QUINTANILLA, C. Comportamento de los herbicidas em el solo. In: FUNDAMENTOS sobre mala hierbas y herbicidas. [S.l : s.n.], 1991. p. 221-266.

TSUNECHIRO, A.; FERREIRA, C. R. R. P. T. Mercado em alta. **Cultivar,** Pelotas, v. 22, p. 22-24, nov. 2000.

ZIMDAHL, R. L. **Fundamentals of Weed Science.** 2th ed. Colorado: Academic Press, 1999. 555 p.

Herbicide Application Technology

Abstract - Pesticide applied incorrectly may result in wasted products, poor or no control, damage to crops or environmental contamination. The aim of this publication was to organize in one publication several technical information found in the scientific literature of herbicide application technology. This approach will help farm growers, students and technicians to know how to apply herbicides correctly and solve some practical problems related with. It was discussed definitions and concepts about application technology, environmental factors that influence the application quality, equipments characteristics, like nozzles tips selection and sprayers. All the content were discussed generally because the intention of the authors was to be brief and objective, recognizing that several important questions and items will need to be detailed by the reader with another bibliography.

Index terms: Application technology, weed, nozzles trips.